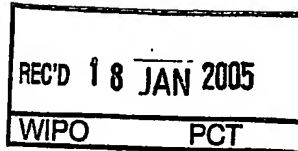


**PRV**PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
PatentavdelningenIntyg  
Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande Scania CV AB (publ), Södertälje SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0400104-6  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2004-01-20  
Date of filing

Stockholm, 2004-12-30

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent and Registration Office

  
Gunilla Larsson

Avgift  
Fee

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**PATENT- OCH  
REGISTRERINGSVERKET  
SWEDEN**

Postadress/Adress  
Box 5055  
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone  
+46 8 782 25 00  
Vx 08-782 25 00

Telex  
17978  
PATOREG S

Telefax  
+46 8 666 02 86  
08-666 02 86

JL/

Sökande: SCANIA CV AB (publ)

5

**Förfarande och anordning för styrning av insprutningen av reduktionsmedel****UPPFINNINGENS OMRÅDE OCH TIDIGARE TEKNIK**

10

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande och en anordning för styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator i en avgasledning från en förbränningsmotor. Uppfinningen avser även ett datorprogram innefattande programkod för implementering av nämnda förfarande, en datorprogramprodukt innefattande ett av en elektronisk styrenhet läsbart medium uppvisande ett därpå lagrat datorprogram avsett att bringa en elektronisk styrenhet att implementera nämnda förfarande samt en elektronisk styrenhet.

20

För att uppfylla rådande krav på avgasrening är dagens motorfordon vanligtvis försedda med en katalysator i avgasledningen för att åstadkomma katalytisk omvandling av miljöfarliga beståndsdelar i avgaserna till mindre miljöfarliga ämnen. En metod som tagits i bruk för att åstadkomma en effektiv katalytisk omvandling bygger på insprutning av ett reduktionsmedel i avgaserna uppströms katalysatorn. Ett i reduktionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildat reduktionsämne förs av avgaserna in i katalysatorn där det adsorberas på aktiva säten i katalysatorn, vilket ger upphov till lagring (ackumulation) av reduktionsämnet i katalysatorn. Det lagrade reduktionsämnet kan antingen desorbera, d v s lossna från de aktiva sätena, eller reagera med ett avgasämne för omvandling av detta avgasämne till ett ofarligt ämne. En sådan reduktionskatalysator kan exempelvis vara av SCR-typ (SCR = Selective Catalytic Reduction). Denna typ av katalysator benämns fortsättningsvis SCR-katalysator. En SCR-katalysator reducerar selektivt NO<sub>x</sub> i avgaserna men inte

35

syret i avgaserna. Hos en SCR-katalysator insprutas vanligtvis ett reduktionsmedel i form av urea eller ammoniak i avgaserna uppströms katalysatorn. Vid insprutningen av urea i avgaserna bildas ammoniak och det är denna ammoniak som utgör reduktionsämnet som bidrar till den katalytiska omvandlingen i SCR-katalysatorn. Ammoniaken ackumuleras i katalysatorn genom att adsorberas på aktiva säten i katalysatorn och i avgaserna förekommande  $\text{NO}_x$  omvandlas till kväve och vatten då det i katalysatorn bringas i kontakt med ackumulerad ammoniak på de aktiva sätena i katalysatorn.

Vid användning av en reduktionskatalysator i kombination med dosering av reduktionsmedel är det viktigt att styra insprutningen av reduktionsmedlet så att en önskad omvandling av det aktuella avgasämnet erhålls utan att allt för stora mängder oförbrukat reduktionsämne medföljer avgaserna ut ur katalysatorn och därigenom avges till omgivningen. Härigenom kan förbrukningen av reduktionsmedlet och därigenom kostnaderna för detta minimeras samtidigt som en oönskad avgivning till omgivningen av reduktionsämnet undviks eller åtminstone minimeras. Exempelvis ammoniak utgör ett reduktionsämne som är giftigt och illaluktande, varför det är önskvärt att i största möjliga mån minimera avgivning till omgivningen av denna ammoniak under upprätthållande av en insprutning av reduktionsmedel, exempelvis i form av urea, som är tillräcklig för att uppnå erforderad omvandling av det aktuella avgasämnet, i detta fall  $\text{NO}_x$ .

Då en katalysator av den aktuella typen används styrs i dagsläget insprutningen av reduktionsmedel vanligtvis med hjälp av tvådimensionella tabeller, där varje tabell är relaterad till en viss avgastemperatur. Respektive tabell innefattar värden på den mängd reduktionsmedel som skall insprutas i avgasledningen vid rådande last och varvtal hos den aktuella förbränningsmotorn. Respektive tabell har således motorlast på en första axel och motorvarvtal på en andra axel. Dessa tabeller upprättas empiriskt genom en kartläggning av den aktuella förbränningsmotorn och katalysatorn utgående från prestanda vid stationära förhållanden.

- En sådan kartläggning måste göras för varje specifik kombination av förbränningsmotor och katalysator och denna tidigare kända lösning kräver dessutom omfattande testkörningar och inställningar för varje specifik kombination av motortyp av katalysator-
- 5 typ. En förändring av exempelvis motorns emission medför att omfattande och omständliga ändringar av alla värdena i tabellerna måste genomföras. Eftersom tabellerna ger en dosering som är anpassad för stationära förhållanden så behövs det dynamiska kompenseringar när driftförhållandena ändras hastigt.
- 10 En ytterligare nackdel med denna kända lösning är att det trots dynamiska kompenseringar kan uppstå driftförhållanden som tabellerna ej är utformade för, vilket kan leda till felaktig dosering av reduktionsmedel.

## 15 UPPFINNINGENS SYFTE

- Syftet med föreliggande uppfinning är att åstadkomma ett förfarande som på ett enkelt och tillförlitligt sätt möjliggör en styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator i
- 20 en avgasledning från en förbränningsmotor så att med avseende på rådande driftförhållanden lämpliga mängder reduktionsmedel kan insprutas.

## SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

25

Enligt uppfinningen uppnås nämnda syfte med hjälp av ett förfarande uppvisande de i patentkravet 1 angivna särdragen.

Den uppfinningsenliga lösningen innebär:

30

- att ett ackumulation-ärvärde representativt för aktuell ackumulation i katalysatorn av ett i reduktionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildat reduktionsämne beräknas utgående från information från en beräkningsmodell som, under beaktande av de förväntade reaktionerna i katalysatorn under rådande driftför-
- 35 hållanden, kontinuerligt fastställer aktuella tillstånd i katalysatorn, såsom exempelvis ackumulationen av reduktionsämnet i

olika delar av katalysatorn och den omvandling av avgasämne som sker i olika delar av katalysatorn,

- att ett ackumulation-börvärde beräknas utgående från ett emission-börvärde och information från nämnda beräkningsmodell, varvid emission-börvärdet är representativt för ett önskat innehåll i avgaserna som lämnar katalysatorn av ett avgasämne som vid avgasernas passage genom katalysatorn åtminstone delvis avlägsnas ur avgaserna under inverkan av reduktionsämnet eller bildas under inverkan av reduktionsämnet och ackumulation-börvärdet är representativt för den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras i katalysatorn under rådande driftförhållanden för att väsentligen uppnå emission-börvärdet,
- att ackumulation-ärvärdet jämförs med ackumulation-börvärdet, samt
- att insprutningen av reduktionsmedel i avgasledningen styrs i beroende av resultatet av jämförelsen mellan ackumulation-ärvärdet och ackumulation-börvärdet.

- Med den uppfinningsenliga lösningen blir det på ett enkelt och tillförlitligt sätt möjligt att styra insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator i en avgasledning från en förbränningsmotor så att lämpliga mängder reduktionsmedel kan insprutas i beroende av rådande driftförhållanden för uppnående av en önskad omvandling av det aktuella avgasämnet. Eftersom den aktuella ackumulationen av reduktionsämnet i katalysatorn tas i beaktande blir det möjligt att med god noggrannhet styra doseringen av reduktionsmedlet så att den önskade omvandlingen av avgasämnet åstadkoms samtidigt som den mängd oförbrukat reduktionsämne som medföljer avgaserna ut ur katalysatorn och därigenom avges till omgivningen begränsas. Härigenom blir det möjligt att minimera förbrukningen av reduktionsmedlet och därigenom kostnaderna för detta samtidigt som en oönskad avgivning till omgivningen av reduktionsämnet undviks eller åtminstone minimeras. Den beräkningsmodell som används behöver endast vara anpassad efter katalysatorn och är därigenom oberoende av utformningen hos den förbränningsmotor som är kopplad till katalysatorn. Genom att använda en beräkningsmo-

dell som endast är knuten till katalysatorn och ej till förbränningsmotorn erhålls ett mycket flexibelt förfarande som vid anpassning för en specifik katalysator kan användas för denna katalysator tillsammans med godtycklig förbränningsmotor. Det är

5 dessutom möjligt att använda en skalbar beräkningsmodell som enkelt kan anpassas i beroende av dimensionerna hos katalysatorn.

Enligt en utföringsform av det uppfinningsenliga förfarandet be-

10 räknas en begränsningsfaktor, vilken begränsningsfaktor har ett värde som beror av en uppskattning av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde, varvid denna begränsningsfaktor tas i beaktande i beräkningen av ac-

15 kumulation-börvärdet på sådant sätt att ackumulation-börvärdet reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet. Härigenom blir det möjligt att eliminera eller åtminstone minimera risken för att oönskade mängder

20 oförbrukat reduktionsämne skall komma att medfölja avgaserna ut ur katalysatorn och därigenom avges till omgivningen.

En ytterligare utföringsform av det uppfinningsenliga förfarandet kännetecknas av:

- 25 - att ett emission-ärvärde fastställs genom beräkning eller mätning, vilket emission-ärvärde är representativt för aktuellt innehåll av avgasämnet i avgaserna som lämnar katalysatorn, . . .
- att emission-ärvärdet jämförs med emission-börvärdet, samt
- att ackumulation-börvärdet beräknas utgående från information
- 30 från nämnda beräkningsmodell och överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet och emission-börvärdet.

Genom att på detta sätt låta överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet och emission-börvärdet påverka ackumulation-börvärdet blir det möjligt att beräkna ackumulation-börvärdet med en

35 approximativ metod eftersom inflytandet på ackumulation-börvärdet av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet och emission-börvärdet gör det möjligt att kompensera för uppkomna av-

vikelser mellan önskad och faktisk emission av avgasämnet. Det beräknade ackumulation-börvärdet behöver således inte exakt motsvara den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras för uppnående av emission-börvärdet.

5

Ytterligare utföringsformer av det uppfinningsenliga förfarandet framgår av de osjälvständiga patentkraven och efterföljande beskrivning.

10 Uppfinningen avser även en anordning enligt patentkravet 21 för utövande av det uppfinningsenliga förfarandet.

Uppfinningen avser även ett direkt till internminnet hos en dator inladdningsbart datorprogram enligt patentkravet 23, vilket datorprogram innefattar programkod för implementering av det uppfinningsenliga förfarandet.

15

Uppfinningen avser även en datorprogramprodukt enligt patentkravet 24, vilken innefattar ett av en elektronisk styrenhet läsbart medium uppvisande ett därpå lagrat datorprogram avsett att bringa en elektronisk styrenhet att implementera det uppfinningsenliga förfarandet.

20

Uppfinningen avser även en elektronisk styrenhet enligt patentkravet 25.

25

#### KORT BESKRIVNING AV RITNINGARNA

Uppfinningen kommer i det följande att närmare beskrivas med hjälp av utföringsexempel, med hänvisning till bifogade ritningar. Det visas i:

30

Fig 1 en principskiss över en förbränningsmotor med en tillhörande katalysator och en anordning enligt uppfinningen,

35

- Fig 2 ett blockdiagram illustrerande en första utföringsform av den uppfinningsenliga anordningen,
- 5 Fig 3 ett blockdiagram illustrerande en andra utföringsform av den uppfinningsenliga anordningen,
- Fig 4 ett blockschema illustrerande en elektronisk styrenhet för implementering av det uppfinningsenliga förfarandet,
- 10 Fig 5 ett flödesschema illustrerande ett förfarande enligt en första utföringsform av föreliggande uppfinning,
- Fig 6 ett flödesschema illustrerande ett förfarande enligt en andra utföringsform av föreliggande uppfinning,
- 15 Fig 7 ett flödesschema illustrerande ett förfarande enligt en tredje utföringsform av föreliggande uppfinning, och
- 20 Fig 8 ett flödesschema illustrerande ett förfarande enligt en fjärde utföringsform av föreliggande uppfinning.

#### DETALJERAD BESKRIVNING AV UTFÖRINGSFORMER

- 25 I Fig 1 visas schematiskt en förbränningsmotor 1 försedd med en anordning 10 enligt uppfinningen. Avgaserna som lämnar förbränningsmotorn 1 rör sig i en avgasledning 2 och träder ut i omgivningen via ett avgasutlopp 3. I avgasledningen 2 är en reduktionskatalysator 4 anordnad, företrädesvis i form av en SCR-katalysator. Således bringas avgaserna från förbränningsmotorn 1 att passera denna katalysator 4 innan de träder ut i omgivningen via avgasutloppet 3. I avgasledningen 2 återfinns uppströms katalysatorn 4 ett insprutningsställe 5 för reduktionsmedel. Insprutningen av reduktionsmedel sker med hjälp av en insprutningsanordning innefattande ett eller flera i avgasledningen anordnade insprutningsorgan 6, i form av insprutningsmunstycken eller liknande, och en därtill ansluten förvaringsbehållare 7 för reduk-
- 30
- 35



tionsmedel. Insprutningsanordningen innefattar vidare en doserenhet 8, vilken innefattar en doseringsinrättning och ett reglerorgan, såsom en reglerventil eller liknande, anordnade att reglera tillförseln av reduktionsmedel till nämnda insprutningsorgan 6.

- 5 Doserenheten 8 styrs av en anordning 10 enligt föreliggande uppfinning, vilken fastställer hur stor mängd reduktionsmedel som skall sprutas in i avgaserna.

- 10 I Fig 2 illustreras en första utföringsform av en anordning 10 enligt uppfinningen. Anordningen 10 innefattar ett första beräkningsorgan 20 anordnat att genom användning av en beräkningsmodell kontinuerligt fastställa aktuella tillstånd i katalysatorn under beaktande av de förväntade reaktionerna i katalysatorn under rådande driftförhållanden. Beräkningsmodellen tar
- 15 hänsyn till de förväntade exoterma och endoterma reaktionerna i katalysatorn 4 under rådande driftförhållanden och beräknar bland annat ackumulationen av det aktuella reduktionsämnet i olika delar av katalysatorn och den omvandling av det aktuella avgasämnet som sker i olika delar av katalysatorn. Beräkningsmodellen kan utformas på godtyckligt sätt så länge som den med
- 20 önskad noggrannhet ger ett korrekt värde på ackumulationen av reduktionsämnet och omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn. Ett exempel på en i sammanhanget lämplig beräkningsmodell kommer att beskrivas nedan.

- 25 Anordningen 10 innefattar vidare ett andra beräkningsorgan 30 anordnat att, utgående från information från det första beräkningsorganet 20, beräkna ett ackumulation-ärvärde  $A1$  representativt för aktuell ackumulation i katalysatorn 4 av det i reduktionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildade reduktionsämnet. Det andra beräkningsorganet 30 är även anordnat att
- 30 utgående från ett emission-börvärde  $E2$  och information från nämnda beräkningsmodell beräkna ett ackumulation-börvärde  $A2$ . Detta emission-börvärde  $E2$  är representativt för ett önskat
- 35 innehåll i avgaserna som lämnar katalysatorn 4 av ett avgasämne som vid avgasernas passage genom katalysatorn åtminstone delvis avlägsnas ur avgaserna under inverkan av reduktionsäm-

net eller bildas under inverkan av reduktionsämnet. Emission-börvärdet E2 utgör ett mått på den maximalt tillåtna emissionen av avgasämnet och kan bland annat styras av lagstadgade krav på avgasemission. Emission-börvärdet E2 har i det enklaste fallet ett konstant värde men fastställs företrädesvis genom beräkning i ett beräkningsorgan 38 på i sig känt sätt i beroende av rådande driftförhållanden, såsom exempelvis förbränningsmotorns varvtal och last. Ackumulation-börvärdet A2 är representativt för den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras i katalysatorn under rådande driftförhållanden för att uppnå eller åtminstone väsentligen uppnå emission-börvärdet E2. Det första beräkningsorganet 20 och det andra beräkningsorganet 30 är med fördel integrerade i en gemensam datorenhet men kan om så finnes lämpligt utgöra separata och till varandra anslutna enheter.

15 Anordningen 10 innefattar vidare en komparator 32 anordnad att mottaga ackumulation-ärvärdet A1 och ackumulation-börvärdet A2 från det andra beräkningsorganet 30. Komparatorn 32 är anordnad att jämföra ackumulation-ärvärdet A1 och ackumulation-börvärdet A2 och att avge en signal S1 som beror av överensstämmelsen, såsom exempelvis differensen, mellan detta ärvärde A1 och börvärde A2. Anordningen 10 innefattar även reglermedel 34, 36 för styrning av insprutningen av reduktionsmedel utgående från nämnda signal S1 från komparatorn 32. Nämnda reglermedel 25 innefattar lämpligen en regulator 34, företrädesvis i form av en PI-regulator eller PID-regulator, vilken är anordnad att mottaga signalen S1 från komparatorn 32. Utgående från denna signal S1 avger regulatorn 34 en styrsignal S2 till ett styrorgan 36, vilket är anslutet till insprutningsanordningens doserenhet 8 och vilket är anordnat att styra denna doserenhet i beroende av nämnda styrsignal S2 så att en för rådande förhållanden lämplig mängd reduktionsmedel insprutas i avgasledningen 2.

35 Styrsignalen S2 från regulatorn 34 kan även ledas till det första beräkningsorganet 20 för att utnyttjas i beräkningsmodellen som mått på insprutad mängd reduktionsmedel vid generering av information för nästa beräkning av ackumulation-ärvärde A1 och

ackumulation-börvärde A2. Alternativt kan det första beräkningsorganet 20 vara anordnat att mottaga ett värde på insprutad mängd reduktionsmedel från styrorganet 36, såsom illustreras i Fig 3.

5

I Fig 3 illustreras en andra utföringsform av en anordning 10 enligt uppfinningen. De komponenter som återfinns både hos den ovan med hänvisning till Fig 2 beskrivna utföringsformen och hos utföringsformen enligt Fig 3 är betecknade med samma hänvisningsbeteckningar. Hos utföringsformen enligt Fig 3 innefattar anordningen 10 även medel för fastställande genom beräkning eller mätning av ett emission-ärvärde  $E1$  representativt för aktuellt innehåll av avgasämnet i avgaserna som lämnar katalysatorn 4. I det fall då emission-ärvärdet  $E1$  fastställs genom beräkning sker detta företrädesvis i det första beräkningsorganet 20 med hjälp av ovan nämnda beräkningsmodell eller i ett separat beräkningsorgan med hjälp av information från denna beräkningsmodell. I det fall då emission-ärvärdet  $E1$  fastställs genom mätning sker detta med hjälp av ett i avgasledningen nedströms katalysatorn 4 anordnat mätorgan.

10

15

20

25

30

35

Hos utföringsformen enligt Fig 3 är det andra beräkningsorganet 30 anordnat att beräkna ackumulation-börvärdet A2 utgående från information från det första beräkningsorganet 20 och överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet  $E1$  och emission-börvärdet  $E2$ . Anordningen 10 innefattar i detta fall en komparator 42 anordnad att mottaga emission-ärvärdet  $E1$  och emission-börvärdet  $E2$ . Komparatorn 42 är anordnad att jämföra emission-ärvärdet  $E1$  och emission-börvärdet  $E2$  och att avge en signal S3 som beror av överensstämmelsen, såsom exempelvis differensen, mellan detta ärvärde  $E1$  och börvärde  $E2$ . Anordningen 10 innefattar lämpligen en regulator 44, företrädesvis i form av en PI-regulator eller PID-regulator, vilken är anordnad att mottaga signalen S3 från komparatorn 42. Utgående från denna signal S3 avger regulatorn 44 en styrsignal  $f_{SP}$  till det andra beräkningsorganet 30, vilket i sin tur fastställer ackumulation-börvärdet A2 i beroende av denna styrsignal  $f_{SP}$  och informationen från det för-

sta beräkningsorganet 20 så att ackumulation-börvärdet A2 i erforderad grad kompenseras för oönskade avvikelser mellan emission-ärvärdet E1 och emission-börvärdet E2.

- 5 Hos utföringsformen enligt Fig 3 tillämpas en reglering i form av en så kallad kaskadreglering där det andra beräkningsorganet 30, komparatorn 32 och regulatoren 34 bildar en inre reglerkrets 12a som ställer in erforderlig ackumulation av reduktionsämnet i katalysatorn genom att påverka doseringen av reduktionsmedlet, och där komparatorn 42 och regulatoren 44 bildar en yttre reglerkrets 12b som ställer in önskad emission av avgasämnet genom att via den inre reglerkretsen 12a påverka nivån på den erforderliga ackumulationen av reduktionsämnet i katalysatorn.
- 10
- 15 Programkod för implementering av det uppfinningsenliga förfarandet är företrädesvis anordnad att ingå i ett datorprogram som är direkt inladdningsbart till internminnet hos en dator, såsom till internminnet hos ovan nämnda datorenhet. Ett sådant datorprogram tillhandahålls lämpligen via en datorprogramprodukt, vilken
- 20 innefattar ett av en dator läsbart lagringsmedium på vilket datorprogrammet är lagrat. Nämnda lagringsmedium utgörs exempelvis av ett optiskt lagringsmedium i form av en CD-ROM-skiva, en DVD-skiva etc., eller av ett magnetiskt lagringsmedium i form av en hårddisk, en diskett, ett kassettband etc. I Fig 4 illustreras en
- 25 elektronisk styrenhet 50 innefattande ett medel 51, företrädesvis en central processorenhet (CPU), för exekvering av programvara, vilket via en databuss 52 kommunicerar med ett minne 53, exempelvis av typen RAM. Inkluderat i styrenheten 50 är också åtminstone ett lagringsmedium 54, exempelvis i form av ett minne av
- 30 typen ROM, PROM, EPROM eller EEPROM eller ett Flashminne, vilket exekveringsmedlet 51 kommunicerar med via databussen 52. I lagringsmediet 54 är ett datorprogram innefattande programkod för implementering av det uppfinningsenliga förfarandet lagrat.
- 35 Reduktionsmedlet utgörs företrädesvis av urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) men kan även utgöras av exempelvis ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) eller kolväte

(bränsle). I den följande beskrivningen antas att katalysatorn 4 är en SCR-katalysator och att ett reduktionsmedel i form av urea eller ammoniak används. Det betonas dock att den uppfinningsenliga lösningen ej är begränsad till denna typ av reduktionskatalysator och denna typ av reduktionsmedel. Vid insprutningen av urea i avgaserna bildas ammoniak och det är denna ammoniak som utgör reduktionsämnet som bidrar till den katalytiska omvandlingen i SCR-katalysatorn. I detta fall utgörs det aktuella avgasämnet av  $\text{NO}_x$ .

Ovan nämnda beräkningsmodell är lämpligen utformad att utnyttja följande parametrar som invärden:

- a) Avgastemperaturen  $P1$  uppströms katalysatorn 4. Denna temperatur kan fastställas med hjälp av temperaturgivare eller på något av de i sig kända sätten för beräkning därav.
- b)  $\text{NO}_x$ -koncentrationen  $P2$  i avgaserna uppströms katalysatorn 4. Denna koncentration kan fastställas med hjälp av givare men fastställs lämpligen på något av de i sig kända sätten för beräkning därav, exempelvis utgående från förbränningsmotorns last, varvtal, insprutningsvinkel, d v s vinkeln hos förbränningsmotorns vevaxel vid insprutningen av bränsle i motorcyllindern, och i förekommande fall EGR-halt (EGR = Exhaust Gas Recirculation), d v s halten av till motorn återförda avgaser.
- c) Avgasmassflödet  $P3$  genom katalysatorn 4. Detta avgasmassflöde kan fastställas med hjälp av massflödesgivare men fastställs lämpligen på något av de i sig kända sätten för beräkning därav, exempelvis utgående från förbränningsmotorns last och varvtal.
- d) I avgaserna insprutad mängd  $P4$  reduktionsmedel. Värdet på insprutad mängd reduktionsmedel erhålls lämpligen från styrorganet 36 eller från regulatorn 34.

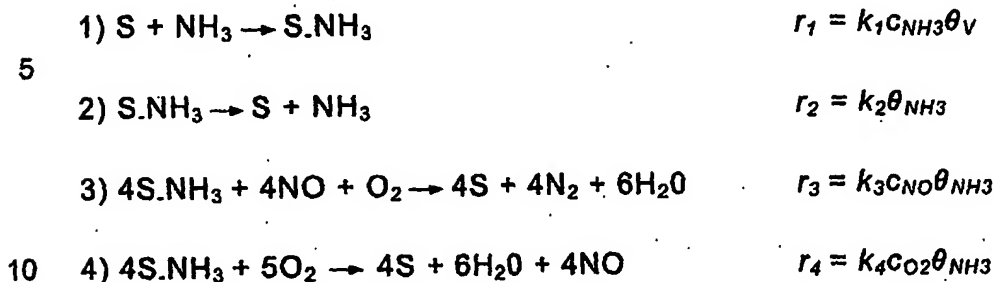
Beräkningsmodellen kan även utnyttja  $O_2$ -koncentrationen i avgaserna uppströms SCR-katalysatorn och/eller omgivningstemperaturen som invärde.  $O_2$ -koncentrationen kan fastställas med hjälp av exempelvis lambdasensor men fastställs lämpligen på något av de i sig kända sätten för beräkning därav, exempelvis utgående från förbränningsmotorns last, varvtal och i förekommande fall EGR-halt.

I det följande beskrivs en utformning av en beräkningsmodell som är lämplig att använda för erhållande av information för beräkningen av ovan nämnda ackumulation-ärvärde  $A1$ , ackumulation-börvärde  $A2$  och i förekommande fall emission-ärvärde  $E1$  i ett förfarande och hos en anordning enligt föreliggande uppfinning.

I en SCR-katalysator reagerar kväveoxid,  $NO_x$ , med ammoniak och reduceras till kvävgas.  $NO_x$  är det skadliga avgasämne som är avsett att avlägsnas från avgaserna och ammoniak är det reduktionsämne som används för detta. Ammoniak eller urea (som omvandlas till ammoniak) sprutas in i avgaserna uppströms SCR-katalysatorn. Med hjälp av beräkningsmodellen fastställs hur mycket  $NO_x$  som omvandlas i SCR-katalysatorn och hur mycket oförbrukad ammoniak som lämnar denna. Beräkningsmodellen beräknar dessutom kontinuerligt hur temperaturen varierar genom katalysatorn samt hur mycket ammoniak som finns ackumulerad i olika delar av denna. För detta krävs att beräkningsmodellen kontinuerligt tillförs information om storleken på gasflödet genom katalysatorn samt temperaturen och sammansättningen hos gasen som strömmar in i denna.

I SCR-katalysatorn sker ett antal reaktioner. Ammoniak adsorberas på aktiva säten i katalysatorn, vilket ger upphov till ackumulering av ammoniak i katalysatorn. Den ackumulerade ammoniak kan antingen desorbera, d v s lossna från de aktiva sätena, eller reagera med  $NO_x$ . Vid höga temperaturer sker dessutom till viss del oxidation av ammoniak med syre. Det som avgör hur mycket  $NO_x$  som omvandlas i katalysatorn är reaktionshastighe-

terna  $r_i$  för de olika reaktionerna. Reaktionerna med tillhörande reaktionshastigheter är de följande:



där  $k_i$  är hastighetskonstanten för reaktion  $i$ ,  $c_i$  är koncentrationen av ämne  $i$ ,  $\theta_V$  är andelen lediga säten och  $\theta_{NH_3}$  är andelen säten belagda med ammoniak. Reaktionshastigheterna  $r_i$  är temperaturberoende i enlighet med Arrhenius ekvation:

$$k_i = k_{0,i} e^{\frac{E_{A,i}}{RT}}$$

där  $k_{0,i}$  är konstant för reaktion  $i$ ,  $E_{A,i}$  är aktiveringsenergin för reaktion  $i$ ,  $R$  är allmänna gaskonstanten och  $T$  är temperaturen.

För att bestämma avgasernas sammansättning efter katalysatorn och hur mycket ackumulerad ammoniak som finns i olika delar av SCR-katalysatorn löses enligt beräkningsmodellen ett antal materialbalanser. Eftersom SCR-katalysatorn har en monolitstruktur strömmar gasen genom små kanaler där väggen mellan kanalerna innehåller det aktiva katalysatormaterialet. Katalysatorn modelleras genom att betrakta flödet genom en i ett antal segment indelad kanal. Materialbalanserna löses successivt från segmentet vid katalysatorns inlopp till segmentet vid dess utlopp. Från flödet i kanalen transporteras  $NO_x$  och ammoniak in till väggen hos kanalen där dessa ämnen reagerar. För att ta hänsyn till inverkan av den hastighet med vilken ämnena transporteras in till kanalväggen och inne i kanalväggen delas även kanalväggen in i ett antal segment. Eftersom alla materialbalanser i väggsegmenten inom ett och samma kanalsegment är kopplade till var-

andra så måste dessa lösas tillsammans i ett ekvationssystem. Enligt beräkningsmodellen ställs följande materialbalanser upp:

$$F_{tot}(y_{i,k-1} - y_{i,k}) - \Gamma_{i,k,0}(c_{i,k,0} - c_{i,k,1}) = 0$$

5

$$\Gamma_{i,k,n-1}(c_{i,k,n-1} - c_{i,k,n}) - \Gamma_{i,k,n}(c_{i,k,n} - c_{i,k,n+1}) + \sum_j v_{i,j} r_{j,k,n} w_{k,n} = 0 \quad \text{för } n \geq 1$$

- 10 där  $F_{tot}$  är det totala molära flödet,  $y_{i,k}$  och  $c_{i,k}$  är molandelen respektive koncentrationen av ämne  $i$  i kanalsegment  $k$ ,  $\Gamma_{i,k,0}$  och  $\Gamma_{i,k,n}$  är koefficienterna för transport av ämne  $i$  från gasflödet till första väggsegmentet respektive mellan väggsegmenten  $n$  och  $n+1$  i kanalsegment  $k$ ,  $v_{i,j}$  är stökiometrisk koefficienten för ämne  $i$  i reaktion  $j$ ,  $r_{j,k,n}$  är reaktionshastigheten för reaktion  $j$  i kanalsegment  $k$  och väggsegment  $n$  och  $w_{k,n}$  är massan av aktivt katalysatormaterial i kanalsegment  $k$  och väggsegment  $n$ . Ackumulationen av ammoniak i kanalsegment  $k$  och väggsegment  $n$  fås sedan genom materialbalansen:

15

$$N_c \frac{d\theta_{NH_3,k,n}}{dt} = \sum_j v_{i,j} r_{j,k,n}$$

20

Där  $N_c$  är antalet aktiva säten per massa katalysator.

25

För att bestämma temperaturen genom SCR-katalysatorn löses enligt beräkningsmodellen på liknande sätt en värmebalans för gasen och en värmebalans för katalysatorn. Värmebalansen för gasen ges av:

$$F_{wt} c_p (T_{g,k-1} - T_{g,k}) - h_k A_k (T_{g,k} - T_{s,k}) = 0$$

30

där  $T_{g,k}$  och  $T_{s,k}$  är gastemperaturen respektive katalysatortemperaturen i kanalsegment  $k$ ,  $c_p$  är värmekapaciteten för gasen,  $h_k$  är värmeöverföringskoefficienten i kanalsegment  $k$  och  $A_k$  väggarean i kanalsegment  $k$ . Värmebalansen för katalysatorn ges av:



$$m_{s,k} c_{p,s} \frac{dT_{s,k}}{dt} = h_k A_{k,0} (T_{g,k} - T_{s,k}) + \sum_u \sum_j r_{j,k,u} w_{k,u} (-\Delta H_j)$$

där  $m_{s,k}$  är massan katalysator i kanalsegment  $k$ ,  $c_{p,s}$  är värmekapaciteten för katalysatormaterialet och  $-\Delta H_j$  reaktionsvärmen för reaktion  $j$ .

Såsom inses av en fackman inom området kan den ovan angivna beräkningsmodellen modifieras på en mängd olika sätt och det är även möjligt att använda en annan typ av beräkningsmodell än den ovan angivna för erhållande av erforderad information för beräkningen av ackumulation-ärvärdet  $A1$ , ackumulation-börvärdet  $A2$  och i förekommande fall emission-ärvärdet  $E1$ .

I Fig 5-8 visas flödesscheman illustrerande förfaranden enligt olika utföringsformer av föreliggande uppfinning. De förfarandesteg som illustreras i Fig 5-8 utförs kontinuerligt då katalysatorn 4 och den tillhörande insprutningsanordningen är aktiva. I ett första steg beräknas aktuella tillstånd i katalysatorn med hjälp av en beräkningsmodell av ovan angiven typ. Utgående från information erhållen genom beräkningarna i beräkningsmodellen beräknas sedan ovan nämnda ackumulation-ärvärde  $A1$  och ackumulation-börvärde  $A2$ . Ackumulation-ärvärdet  $A1$  och ackumulation-börvärdet  $A2$  jämförs därefter och utgående från denna jämförelse genereras en styrsignal  $S2$  för dosering av reduktionsmedel. I ett avslutande steg sker dosering och insprutning i avgasledningen av reduktionsmedel i beroende av nämnda styrsignal  $S2$ . Den insprutade mängden reduktionsmedel styrs således i beroende av överensstämmelsen mellan ackumulation-ärvärdet  $A1$  och ackumulation-börvärdet  $A2$ .

Enligt den i Fig 5 illustrerade utföringsformen fastställs ett emission-börvärde  $E2$  av ovan beskriven typ, varvid detta emission-börvärde  $E2$  tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-börvärdet  $A2$ .

Ett emission-börvärde  $E2$  fastställs även hos den i Fig 6 illustrerade utföringsformen. Hos sistnämnda utföringsform beräknas dessutom ett emission-ärvärde  $E1$  av ovan angiven typ utgående från information från beräkningsmodellen. Detta emission-ärvärde  $E1$  jämförs med emission-börvärdet  $E2$  och utgående från denna jämförelse genereras en styrsignal  $f_{sp}$ , vilken sedan tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-börvärdet  $A2$ . Beräkningen av ackumulation-börvärdet  $A2$  påverkas således av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet  $E1$  och emission-börvärdet  $E2$ .

Hos den i Fig 7 illustrerade utföringsformen beräknas en begränsningsfaktor  $f_{constrain}$  utgående från information från beräkningsmodellen, vilken begränsningsfaktor har ett värde som beror av en uppskattning av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde. Denna begränsningsfaktor  $f_{constrain}$  tas sedan i beaktande i beräkningen av ackumulation-börvärdet  $A2$  på sådant sätt att ackumulation-börvärdet  $A2$  reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet. Begränsningsfaktorn  $f_{constrain}$  används lämpligen som en multiplikationsfaktor i beräkningen av ackumulation-börvärdet  $A2$  och ges härvid ett värde som varierar mellan 0 och 1 i beroende av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet, varvid begränsningsfaktorns värde är nära 1 när det ej föreligger sådan risk och nära 0 när sådan risk är överhängande. Hos denna utföringsform tas även en styrsignal  $f_{sp}$  av ovan beskriven typ i beaktande i beräkningen av ackumulation-börvärdet  $A2$ .

Hos den i Fig 8 illustrerade utföringsformen beräknas ackumulation-börvärdet  $A2$  genom multiplicering av två multiplikationsfaktorer, där en första multiplikationsfaktor utgörs av ett beräknat ackumulation-maxvärde  $A_{max}$  som är representativt för den maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i katalysatorn

- under rådande driftförhållanden och en andra multiplikationsfaktor  $f_{sp}$  beror av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet  $E1$  och emission-börvärdet  $E2$ . Nämda andra multiplikationsfaktor motsvarar den ovan angivna styrsignalen  $f_{sp}$ . Ackumulation-maxvärdet  $A_{max}$  beräknas utgående från information från beräkningsmodellen. I detta fall beräknas lämpligen även en begränsningsfaktor  $f_{constrain}$  av ovan angiven typ, varvid denna begränsningsfaktor  $f_{constrain}$  tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-maxvärdet  $A_{max}$  på sådant sätt att ackumulation-maxvärdet  $A_{max}$  reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.

- Med maximalt tillåten ackumulation av reduktionsämne i katalysatorn avses här den högsta ackumulation av reduktionsämne som enligt utförda beräkningar kan tillåtas i katalysatorn under rådande driftförhållanden utan att avgivningen till omgivningen av oförbrukat reduktionsämne kommer att överstiga det fastställda gränsvärdet.

- Det uppfinningsenliga förfarandet kan i en förenklad variant vara så utformat att ackumulation-ärvärdet  $A1$  och ackumulation-börvärdet  $A2$  hänförs till aktuell respektive erfordrad ackumulation av reduktionsämnet i det katalysatorsegment hos beräkningsmodellen som är beläget närmast katalysatorns inloppsände, d v s närmast dess uppströmsände. I detta fall kan ackumulation-ärvärdet  $A1$  erhållas direkt ur beräkningsmodellen och ackumulation-börvärdet  $A2$  kan exempelvis erhållas med hjälp av nedanstående beräkningsalgoritm, enligt vilken katalysatorn i sin längdriktning är indelad i ett flertal segment på motsvarande sätt som hos ovan nämnda beräkningsmodell. Den beräkningsalgoritm som används för att fastställa ackumulation-börvärdet  $A2$  och ackumulation-ärvärdet  $A1$  benämns fortsättningsvis doseringsalgoritm.

Först bestäms en gränsvärdesprofil för molbråket av reduktionsämne genom katalysatorn:

$$y_{R,k}^L = y_{L,R} + y_{NO_x,k} - y_{NO_x,K}$$

- 5 där  $y_{L,R}$  är gränsvärdet för molbråket av reduktionsämne ut från katalysatorn och där  $y_{NO_x,k}$  och  $y_{NO_x,K}$  är molbråken av  $NO_x$  i segment  $k$  respektive  $K$  ( $K$  = sista segmentet av katalysatorn). Eftersom molbråket för  $NO_x$  minskar längs katalysatorn kommer även molbråket för reduktionsämne i gränsvärdesprofilen att minska längs katalysatorn. Gränsvärdesprofilen för molbråket av reduktionsämne används sedan för att beräkna en gränsvärdesprofil för ackumulation av reduktionsämne:

$$\theta_{R,k}^L = \frac{K(T_{s,k}) \cdot c_{tot,k} \cdot y_{R,k}^L}{1 + K(T_{s,k}) \cdot c_{tot,k} \cdot y_{R,k}^L}$$

- 15 där  $K(T_{s,k})$  är jämviktskonstanten för adsorption av reduktionsämne vid temperaturen  $T_s$  i segment  $k$  och där  $c_{tot,k}$  är den totala gaskoncentrationen. Jämviktskonstanten bestäms av förhållandet mellan hastighetskonstanterna  $k_a(T_{s,k})$  och  $k_d(T_{s,k})$  för adsorption respektive desorption av reduktionsämne:

20

$$K(T_{s,k}) = \frac{k_a(T_{s,k})}{k_d(T_{s,k})}$$

Förhållandet mellan fullständig  $NO_x$ -omvandling och aktuell  $NO_x$ -omvandling bestäms genom:

25

$$f_{max} = \frac{y_{NO_x,0}}{y_{NO_x,0} - y_{NO_x,K}}$$

Detta förhållande används för att bestämma profilen för molbråket av reduktionsämne vid fullständig  $NO_x$ -omvandling:

30

$$y_{R,k}^{max} = y_{L,R} + f_{max} (y_{NO_x,k} - y_{NO_x,K})$$

Denna profil används sedan för att bestämma en motsvarande profil för ackumulation av reduktionsämne:

$$\theta_{R,k}^{\max} = \frac{K(T_{s,k}) \cdot c_{\text{tot},k} \cdot y_{R,k}^{\max}}{1 + K(T_{s,k}) \cdot c_{\text{tot},k} \cdot y_{R,k}^{\max}}$$

5

Desorptionshastigheterna beräknas både för aktuell ackumulation av reduktionsämne och för gränsvärdet för ackumulation av reduktionsämne:

$$10 \quad r_{d,k} = k_d(T_{s,k}) \theta_{R,k}$$

$$r_{d,k}^L = k_d(T_{s,k}) \theta_{R,k}^L$$

Förhållandet mellan dessa hastigheter beräknas därefter:

15

$$f_{d,k} = \frac{r_{d,k}}{r_{d,k}^L}$$

Förhållandet används för att bestämma en begränsningsfaktor:

20

$$f_{\text{constrain}} = \frac{1}{1 + (c_1^{\text{tune}} f_{d,a} + c_2^{\text{tune}} f_{d,b}) c_3^{\text{tune}}}$$

där segment *a* och *b* samt parametrarna  $c_1^{\text{tune}}$ ,  $c_2^{\text{tune}}$  och  $c_3^{\text{tune}}$  kan väljas respektive trimmas in för att uppnå optimal funktion. Begränsningsfaktorn har egenskapen att den är nära ett när ackumulationen av reduktionsämne är liten i förhållande till gränsvärdet för ackumulation. När ackumulationen närmar sig gränsvärdet minskar värdet på begränsningsfaktorn. Ackumulation-börvärdet *A2* bestäms slutligen genom:

25

30

$$A2 = A_{\max} \cdot f_{SP} = \theta_{R,1}^{\max} \cdot f_{\text{constrain}} \cdot f_{SP}$$

där  $f_{SP}$  är styrsignalen från den yttre reglerkretsen 12b. Här kan det ses att begränsningsfaktorn påverkar ackumulation-börvärdet

A2. När ackumulationen av reduktionsämne närmar sig gränsvärdet kommer således ackumulation-börvärdet A2 att minska tills ett jämviktsläge infinner sig. Ackumulation-ärvärdet A1 är i detta fall ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorns första segment:

$$A1 = \theta_{R,1}$$

I de ovan angivna formlerna hos doseringsalgoritmen betecknar R det aktuella reduktionsämnet. I det fall då reduktionsämnet utgörs av ammoniak står således R för  $\text{NH}_3$ .

Med denna enkla variant av doseringsalgoritm är det möjligt att få en snabb reglering av ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorn. Eftersom det är ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorns första segment som regleras är responsen vid förändringar i doseringen av reduktionsmedel snabb. Det är också möjligt att trimma in regleringen så att mängden reduktionsämne som lämnar katalysatorn utan att reagera konstant ligger under gränsvärdet, eftersom en begränsningsfaktor minskar ackumulation-börvärdet A2 när ackumulationen av reduktionsämne närmar sig gränsvärdet. Den främsta nackdelen med denna enkla variant av doseringsalgoritm är att det interna styrtillståndet, d v s ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorn, inte direkt är representativt för  $\text{NO}_x$ -omvandlingen i katalysatorn. Eftersom  $\text{NO}_x$ -omvandlingen är temperaturberoende krävs större ackumulation vid lägre temperaturer för att uppnå samma  $\text{NO}_x$ -omvandling. Detta innebär att det är den yttre reglerkretsen 12b som måste kompensera ackumulation-börvärdet A2 vid förändringar i temperaturen. Ett annat problem är att vid förändringar i temperaturen kommer temperaturen längs katalysatorn att variera och reduktionsämnet kommer att förbrukas olika snabbt i olika delar av katalysatorn. Eftersom det interna styrtillståndet endast är kopplat till första segmentet i katalysatorn måste variationerna genom katalysatorn kompenseras av den yttre reglerkretsen 12b.

Det uppfinningsenliga förfarandet kan i en mer förfinad variant vara så utformat:

- att för vart och ett av segmenten hos beräkningsmodellen beräknas ett ackumulationsvärde  $A_k$  och ett omvandlingsvärde
- 5  $R_{max,k}$  varvid ackumulationsvärdet  $A_k$  är representativt för den under rådande driftsförhållanden maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i segmentet och omvandlingsvärdet  $R_{max,k}$  är representativt för den förväntade omvandlingen av avgasämnet i segmentet när reduktionsämnesackumulationen i
- 10 segmentet motsvarar ackumulationsvärdet  $A_k$ ,
- att omvandlingsvärdena  $R_{max,k}$  för de olika segmenten summeras, samt
- att den erhållna summan omräknas till ett fiktivt värde på den maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i det segment
- 15 som är beläget närmast katalysatorns inloppsände, varvid detta fiktiva värde utgör ovan nämnda ackumulation-maxvärde  $A_{max}$ .

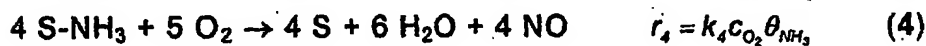
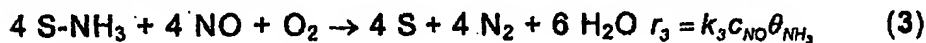
- 20 Utgående från det sålunda erhållna ackumulation-maxvärdet  $A_{max}$  erhålls sedan ackumulation-börvärdet  $A_2$  på ovan angivet sätt genom multiplicering med en multiplikationsfaktor  $f_{sp}$  som beror av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet  $E_1$  och emission-börvärdet  $E_2$ .

- 25 För vart och ett av segmenten beräknas lämpligen en begränsningsfaktor  $f_{constrain,k}$  av ovan beskriven typ, varvid denna begränsningsfaktor  $f_{constrain,k}$  tas i beaktande i beräkningen av omvandlingsvärdena  $R_{max,k}$  på sådant sätt att omvandlingsvärdena reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i
- 30 avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.

- För vart och ett av segmenten beräknas vidare ett värde  $R_k$  på den aktuella omvandlingen av avgasämnet i segmentet. Ett värde
- 35  $R_{tot}$  på den totala aktuella omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn beräknas sedan genom en summering av värdena  $R_k$  för de olika segmenten, varefter det sålunda erhållna värdet  $R_{tot}$  på

- den totala aktuella omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn omräknas till ett fiktivt värde på den aktuella ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände, varvid detta fiktiva värde utgör ackumulation-ärvärdet  $A1$ .

- Hos denna förfinade variant utgör det interna styrtillståndet ett representativt mått på  $\text{NO}_x$ -omvandlingen genom hela katalysatorn. Doseringsalgoritmen blir i detta fall kopplad till hur beräkningsmodellen för katalysatorn är formulerad. I det följande ges ett exempel på hur doseringsalgoritmen kan utformas om reduktionsämnet är ammoniak och beräkningsmodellen för katalysatorn innehåller följande reaktioner med tillhörande reaktionshastigheter:



- Reaktionshastigheterna är givna per massa katalysator. Genom att summiera reaktionshastigheten för reaktion 3 ( $\text{NO}_x$ -omvandling) multiplicerad med katalysatormassan i respektive segment och sedan dividera summan med uttrycket för reaktionshastigheten i första segmentet multiplicerad med katalysatormassan men med ackumulationen av ammoniak utlämnad fås ett mått på  $\text{NO}_x$ -omvandlingen genom hela katalysatorn uttryckt i ammoniak-ackumulation för första segmentet i katalysatorn, vilket utgör det aktuella värdet på det interna styrtillståndet, d v s ackumulation-ärvärdet  $A1$ :

$$A1 = \Phi_{\text{NH}_3} = \frac{\sum_{k=1}^K k_3(T_{s,k}) \cdot c_{\text{tot},k} \cdot y_{\text{NO}} \cdot \theta_{\text{NH}_3,k} \cdot w_k}{k_3(T_{s,1}) \cdot c_{\text{tot},1} \cdot y_{\text{NO}} \cdot w_1}$$



På motsvarande sätt bestäms börvärdet för det interna styrtillståndet, d v s ackumulation-börvärdet A2:

$$A2 = \Phi_{SP, NH_3} = f_{SP} \cdot \frac{\sum_{k=1}^K f_{constrain,k} \cdot k_3(T_{s,k}) \cdot c_{tot,k} \cdot y_{NO} \cdot \theta_{NH_3,k}^{max} \cdot w_k}{k_3(T_{s,1}) \cdot c_{tot,1} \cdot y_{NO} \cdot w_1}$$

5

där  $\theta_{NH_3,k}^{max}$  kan bestämmas på samma sätt som  $\theta_{R,k}^{max}$  i den ovan beskrivna doseringsalgoritmen hos den förenklade varianten av det uppfinningsenliga förfarandet. Begränsningsfaktorerna kan ges olika värden för varje segment enligt:

10

$$f_{constrain,k} = \frac{1}{1 + c_k^{turn} \cdot f_{d,k}}$$

15

där  $f_{d,k}$  bestäms på samma sätt som i den ovan beskrivna doseringsalgoritmen hos den förenklade varianten av det uppfinningsenliga förfarandet och där parametern  $c_k^{turn}$  kan trimmas olika för varje segment.

20

25

30

Denna förfinade variant har samma fördelar som den förenklade varianten. Det är möjligt att få en snabb reglering av det interna styrtillståndet eftersom detta är nära kopplat till ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorns första segment. Doseringsalgoritmen går även att trimma in så att mängden reduktionsämne som lämnar katalysatorn utan att reagera konstant ligger under gränsvärdet, eftersom begränsningsfaktorerna minskar ackumulation-börvärdet A2 när ackumulationen av reduktionsämne närmar sig gränsvärdet. I motsats till den förenklade varianten är det interna styrtillståndet i den förfinade doseringsalgoritmen kopplat till NO<sub>x</sub>-omvandlingen. Detta innebär att ackumulation-börvärdet A2 automatiskt justeras när temperaturen ändras. Genom att det interna styrtillståndet är kopplat till NO<sub>x</sub>-omvandlingen genom hela katalysatorn har doseringsalgoritmen även förmågan att kompensera för varierande förbrukning av reduktionsämne i olika delar av katalysatorn på grund av variationer i temperaturen längs katalysatorn. Den förfinade doseringsalgoritmen har följ-

5      aktligen förmågan att kompensera för de flesta variationer som kan uppkomma längs katalysatorn, vilket innebär att den yttre reglerkretsen 12b endast behöver göra smärre justeringar av ackumulation-börvärdet A2 för att hålla NO<sub>x</sub>-emissionen på en önskad nivå.

10      Uppfinningen är givetvis inte på något sätt begränsad till de ovan beskrivna föredragna utföringsformerna, utan en mängd möjligheter till modifikationer därav torde vara uppenbara för en fackman på området, utan att denne för den skull avviker från uppfinningens grundtanke sådan denna definieras i bifogade patentkrav. Avgassystemet kan till exempel innefatta åtminstone en till  
15      katalysator kopplad i serie med reduktionskatalysatorn 4, exempelvis en oxidationskatalysator och/eller en hydrolyskatalysator uppströms reduktionskatalysatorn och/eller en slipkatalysator nedströms reduktionskatalysatorn.

9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

# PATENTKRAV

1. Förfarande för styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator (4) i en avgasledning (2) från en förbränningsmotor (1), kännetecknat därav,
  - att ett ackumulation-ärvärde (A1) representativt för aktuell ackumulation i katalysatorn (4) av ett i reduktionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildat reduktionsämne beräknas utgående från information från en beräkningsmodell som, under beaktande av de förväntade reaktionerna i katalysatorn under rådande driftförhållanden, kontinuerligt fastställer aktuella tillstånd i katalysatorn, såsom exempelvis ackumulationen av reduktionsämnet i olika delar av katalysatorn och den omvandling av avgasämne som sker i olika delar av katalysatorn,
  - att ett ackumulation-börvärde (A2) beräknas utgående från ett emission-börvärde (E2) och information från nämnda beräkningsmodell, varvid emission-börvärdet (E2) är representativt för ett önskat innehåll i avgaserna som lämnar katalysatorn (4) av ett avgasämne som vid avgasernas passage genom katalysatorn åtminstone delvis avlägsnas ur avgaserna under inverkan av reduktionsämnet eller bildas under inverkan av reduktionsämnet och ackumulation-börvärdet (A2) är representativt för den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras i katalysatorn under rådande driftförhållanden för att väsentligen uppnå emission-börvärdet (E2),
  - att ackumulation-ärvärdet (A1) jämförs med ackumulation-börvärdet (A2), samt
  - att insprutningen av reduktionsmedel i avgasledningen styrs i beroende av resultatet av jämförelsen mellan ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2).
2. Förfarande enligt krav 1, kännetecknat därav, att en begränsningsfaktor ( $f_{constrain}$ ) beräknas, vilken begränsningsfaktor har ett värde som beror av en uppskattning av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde, samt att denna begränsningsfaktor tas i beaktande i be-

räkningen av ackumulation-börvärdet (A2) på sådant sätt att ackumulation-börvärdet (A2) reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.

5

3. Förfarande enligt krav 2, kännetecknat därav, att begränsningsfaktorn ( $f_{constrain}$ ) används som en multiplikationsfaktor i beräkningen av ackumulation-börvärdet (A2) och ges ett värde som varierar mellan 0 och 1 i beroende av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet, varvid begränsningsfaktorns värde är nära 1 när det ej föreligger sådan risk och nära 0 när sådan risk är överhängande.

10

15

4. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2) tillförs en första komparator (32), vilken till en första regulator (34), företrädesvis i form av en PI-regulator, avger en signal (S1) som beror av överensstämmelsen mellan ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2), samt att regulatorn (34) i beroende av signalen från komparatorn (32) avger en styrsignal (S2), varvid insprutningen av reduktionsmedel i avgasledningen styrs i beroende av denna styrsignal (S2).

20

25

5. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav,

30

- att ett emission-ärvärde (E1) fastställs genom beräkning eller mätning, vilket emission-ärvärde (E1) är representativt för aktuellt innehåll av avgasämnet i avgaserna som lämnar katalysatorn (4),

- att emission-ärvärdet (E1) jämförs med emission-börvärdet (E2), samt

35

- att ackumulation-börvärdet (A2) beräknas utgående från information från nämnda beräkningsmodell och överensstäm-

melsen mellan emission-ärvärdet ( $E1$ ) och emission-börvärdet ( $E2$ ).

- 5 6. Förfarande enligt krav 5, kännetecknat därav, att emission-ärvärdet ( $E1$ ) beräknas med hjälp av nämnda beräkningsmodell eller med hjälp av information från denna.
- 10 7. Förfarande enligt krav 5 eller 6, kännetecknat därav, att emission-ärvärdet ( $E1$ ) och emission-börvärdet ( $E2$ ) tillförs en andra komparator (42), vilken till en andra regulator (44), företrädesvis i form av en PI-regulator, avger en signal ( $S3$ ) som beror av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet ( $E1$ ) och emission-börvärdet ( $E2$ ), samt att den andra regulatorn (44) i beroende av signalen från den andra komparatorn (42) avger en styrsignal ( $f_{SP}$ ) som bringas att påverka beräkningen av ackumulation-börvärdet ( $A2$ ).
- 15 8. Förfarande enligt något av kraven 5-7, kännetecknat därav, att ackumulation-börvärdet ( $A2$ ) erhålls genom multiplicering av två multiplikationsfaktorer, där en första multiplikationsfaktor utgörs av ett beräknat ackumulation-maxvärde ( $A_{max}$ ) som är representativt för den maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i katalysatorn under rådande driftförhållanden och en andra multiplikationsfaktor beror av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet ( $E1$ ) och emission-börvärdet ( $E2$ ).
- 20 9. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att katalysatorn (4) enligt beräkningsmodellen i sin längdriktning uppdelas i ett flertal segment, varvid ackumulation-ärvärdet ( $A1$ ) och ackumulation-börvärdet ( $A2$ ) hänförs till aktuell respektive erfordrad ackumulation av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände.
- 25 30 10. Förfarande enligt krav 8, kännetecknat därav, att katalysatorn (4) enligt beräkningsmodellen i sin längdriktning uppde-
- 35

las i ett flertal segment, samt att ackumulation-maxvärdet ( $A_{max}$ ) hänförs sig till den under rådande driftförhållanden maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände.

5

11. Förfarande enligt krav 8 eller 10, kännetecknat därav, att en begränsningsfaktor ( $f_{constrain}$ ) beräknas, vilken begränsningsfaktor ( $f_{constrain}$ ) har ett värde som beror av en uppskattning av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde, samt att denna begränsningsfaktor ( $f_{constrain}$ ) tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-maxvärdet ( $A_{max}$ ) på sådant sätt att ackumulation-maxvärdet ( $A_{max}$ ) reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.

10

15

20

25

12. Förfarande enligt krav 11, kännetecknat därav, att begränsningsfaktorn ( $f_{constrain}$ ) används som en multiplikationsfaktor i beräkningen av ackumulation-maxvärdet ( $A_{max}$ ) och ges ett värde som varierar mellan 0 och 1 i beroende av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet, varvid begränsningsfaktorns värde är nära 1 när det ej föreligger sådan risk och nära 0 när sådan risk är överhängande.

30

35

13. Förfarande enligt krav 8, kännetecknat därav,  
- att katalysatorn (4) enligt beräkningsmodellen i sin längdriktning uppdelas i ett flertal segment  
- att för vart och ett av segmenten beräknas ett ackumulationsvärde ( $A_k$ ) och ett omvandlingsvärde ( $R_{max,k}$ ), varvid ackumulationsvärdet ( $A_k$ ) är representativt för den under rådande driftförhållanden maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i segmentet och omvandlingsvärdet ( $R_{max,k}$ ) är representativt för den förväntade omvandlingen av avgas-

ämnet i segmentet när reduktionsämnesackumulationen i segmentet motsvarar ackumulationsvärdet,

- att omvandlingsvärdena ( $R_{max,k}$ ) för de olika segmenten summeras, samt

5 - att den erhållna summan omräknas till ett fiktivt värde på den maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inlopps-  
ände, varvid detta fiktiva värde utgör nämnda ackumulation-  
maxvärde ( $A_{max}$ ).

10

14. Förfarande enligt krav 13, kännetecknat därav, att för vart och ett av segmenten beräknas en begränsningsfaktor ( $f_{constrain,k}$ ), vilken begränsningsfaktor har ett värde som beror av en uppskattning av den aktuella risken för att  
15 reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde, samt att denna begränsningsfaktor ( $f_{constrain,k}$ ) tas i beaktande i beräkningen av omvandlingsvärdena ( $R_{max,k}$ ) på sådant sätt att omvandlingsvärdena ( $R_{max,k}$ ) reduceras med ökande risk  
20 för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämde gränsvärdet.

15. Förfarande enligt krav 14, kännetecknat därav, att begränsningsfaktorn ( $f_{constrain,k}$ ) används som en multiplikationsfaktor i beräkningen av omvandlingsvärdet ( $R_{max,k}$ ) och ges ett värde som varierar mellan 0 och 1 i beroende av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämde gränsvärdet, varvid begränsningsfaktorns värde är nära 1 när  
25 det ej föreligger sådan risk och nära 0 när sådan risk är överhängande.  
30

16. Förfarande enligt något av kraven 13-15, kännetecknat därav,  
35 - att för vart och ett av segmenten beräknas ett värde ( $R_k$ ) på den aktuella omvandlingen av avgasämnet i segmentet,

- att ett värde ( $R_{tot}$ ) på den totala aktuella omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn (4) beräknas genom en summering av värdena ( $R_k$ ) för de olika segmenten, samt
  - att värdet ( $R_{tot}$ ) på den totala aktuella omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn omräknas till ett fiktivt värde på den aktuella ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände, varvid detta fiktiva värde utgör ackumulation-ärvärdet ( $A1$ ).
- 5
- 10 17. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att emission-börvärdet ( $E2$ ) beräknas i beroende av rådande driftförhållanden.
- 15 18. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att åtminstone följande parametrar utnyttjas i beräkningsmodellen vid generering av information för beräkningen av ackumulation-ärvärdet ( $A1$ ) och ackumulation-börvärdet ( $A2$ ):
- avgastemperaturen ( $P1$ ) uppströms katalysatorn,
  - 20 - koncentrationen ( $P2$ ) av avgasämnet i avgaserna uppströms katalysatorn,
  - avgasmassflödet ( $P3$ ) genom katalysatorn, och
  - insprutad mängd ( $P4$ ) reduktionsmedel.
- 25 19. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att urea eller ammoniak används som reduktionsmedel, varvid reduktionsämnet utgörs av ammoniak.
- 30 20. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att avgasämnet utgörs av  $NO_x$ .
- 35 21. Anordning för utövande av ett förfarande enligt något av kraven 1-20 för styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator (4) i en avgasledning (2) från en förbränningsmotor (1), kännetecknad därav, att anordningen innefattar



- ett första beräkningsorgan (20) anordnat att genom användning av en beräkningsmodell kontinuerligt fastställa aktuella tillstånd i katalysatorn under beaktande av de förväntade reaktionerna i katalysatorn under rådande driftförhållanden,
- 5 - ett andra beräkningsorgan (30) anordnat att, utgående från information från nämnda beräkningsmodell, beräkna ett ackumulation-ärvärde (A1) representativt för aktuell ackumulation i katalysatorn (4) av ett i reduktionsmedlet ingående eller
- 10 av reduktionsmedlet bildat reduktionsämne, varvid det andra beräkningsorganet (30) även är anordnat att utgående från ett emission-börvärde (E2) och information från nämnda beräkningsmodell beräkna ett ackumulation-börvärde (A2), varvid emission-börvärdet (E2) är representativt för ett önskat innehåll i avgaserna som lämnar katalysatorn (4) av ett avgas-
- 15 ämne som vid avgasernas passage genom katalysatorn åtminstone delvis avlägsnas ur avgaserna under inverkan av reduktionsämnet eller bildas under inverkan av reduktionsämnet och ackumulation-börvärdet (A2) är representativt för den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras i katalysatorn
- 20 under rådande driftförhållanden för att väsentligen uppnå emission-börvärdet (E2),
- en komparator (32) anordnad att jämföra ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2), samt
- reglermedel (34, 36) för styrning av insprutningen av reduktionsmedel utgående från jämförelsen mellan ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2).
- 25

22. Anordning enligt krav 21, kännetecknad därav, att anordningen innefattar medel för fastställande genom beräkning
- 30 eller mätning av ett emission-ärvärde (E1) representativt för aktuellt innehåll av avgasämnet i avgaserna som lämnar katalysatorn (4), samt att det andra beräkningsorganet (30) är anordnat att beräkna ackumulation-börvärdet (A2) utgående från information från nämnda beräkningsmodell och överens-
- 35 stämmelsen mellan emission-ärvärdet (E1) och emission-börvärdet (E2).

23. Datorprogram direkt inladdningsbart till internminnet hos en dator, vilket datorprogram innefattar programkod för implementering av ett förfarande enligt något av kraven 1-20.
- 5 24. Datorprogramprodukt Innefattande ett av en elektronisk styrenhet läsbart medium uppvisande ett därpå lagrat datorprogram avsett att bringa en elektronisk styrenhet att implementera ett förfarande enligt något av kraven 1-20.
- 10 25. Elektronisk styrenhet (50) innefattande ett exekveringsmedel (51); ett till exekveringsmedlet (51) anslutet minne (53) och ett till exekveringsmedlet (51) anslutet lagringsmedium (54), varvid ett datorprogram innefattande programkod för implementering av ett förfarande enligt något av kraven 1-20 är
- 15 lagrat i nämnda lagringsmedium (54).

# SAMMANDRAG

- Uppfinningen avser ett förfarande och en anordning (10) för styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator (4) i en avgasledning (2) från en förbränningsmotor. Enligt
- 5       upppfinningen styrs insprutningen av reduktionsmedel i avgasledningen i beroende av resultatet av en jämförelsen mellan ett beräknat ackumulation-ärvärde (A1) och ett beräknat ackumulation-börvärdet (A2). Uppfinningen avser även ett datorprogram inne-
- 10       fattande programkod för implementering av nämnda förfarande, en datorprogramprodukt innefattande ett av en elektronisk styrenhet läsbart medium uppvisande ett därpå lagrat datorprogram avsett att bringa en elektronisk styrenhet att implementera
- 15       nämnda förfarande samt en elektronisk styrenhet.

(Fig 1)

1/6

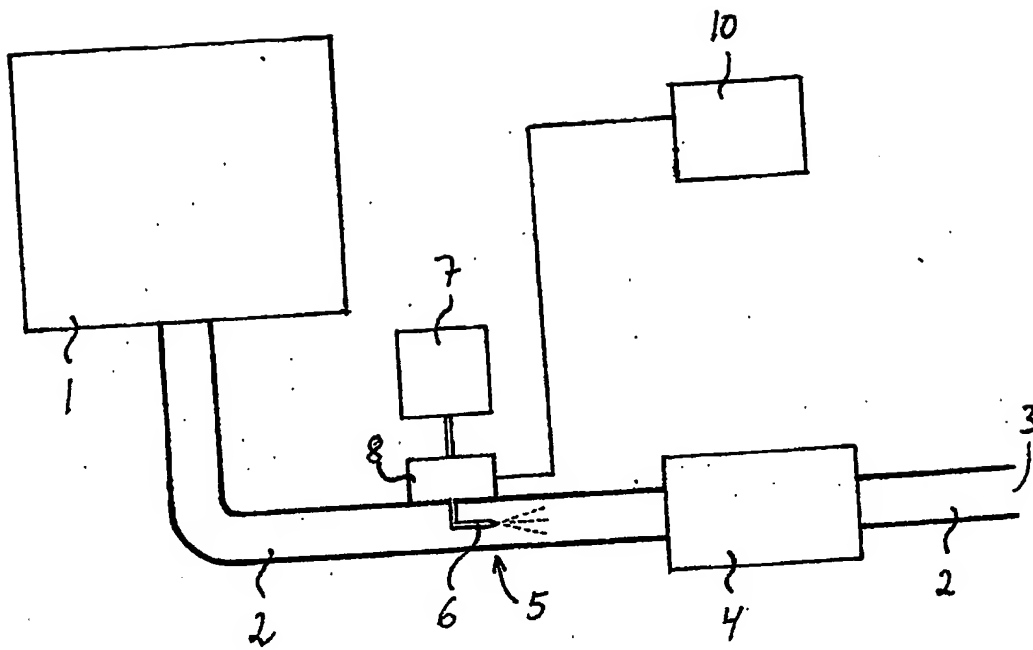
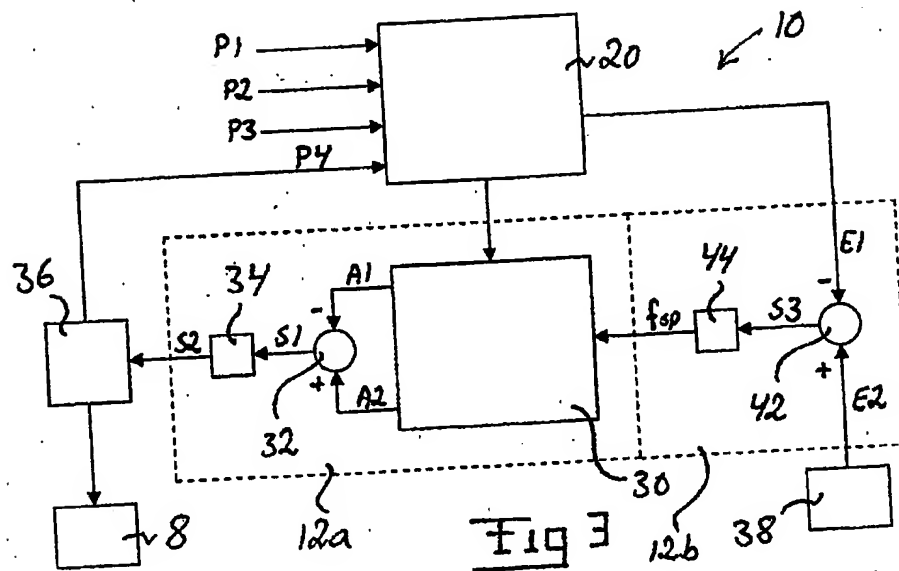
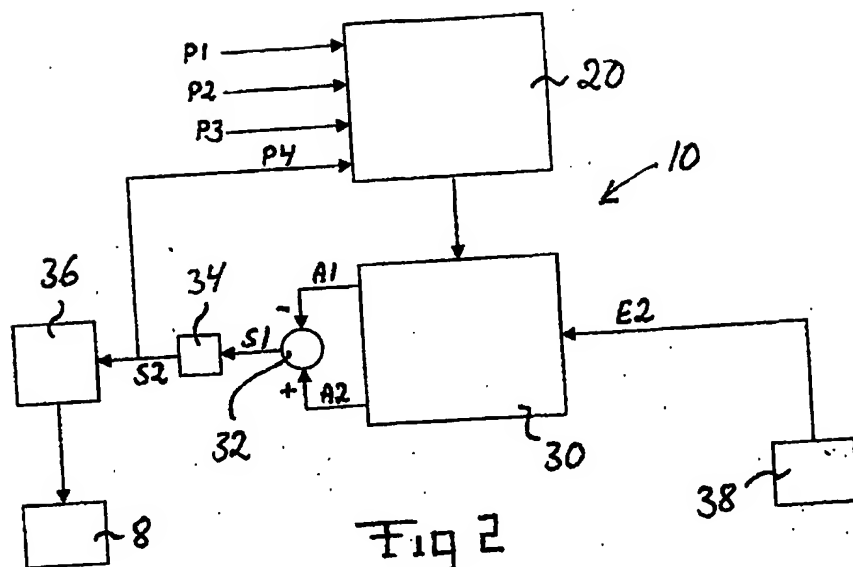


Fig 1

2/6



3/6

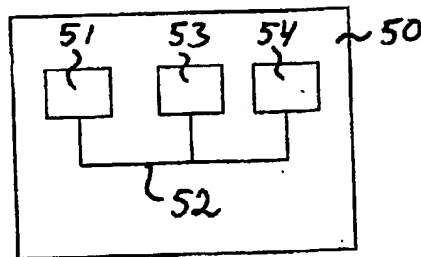


Fig 4

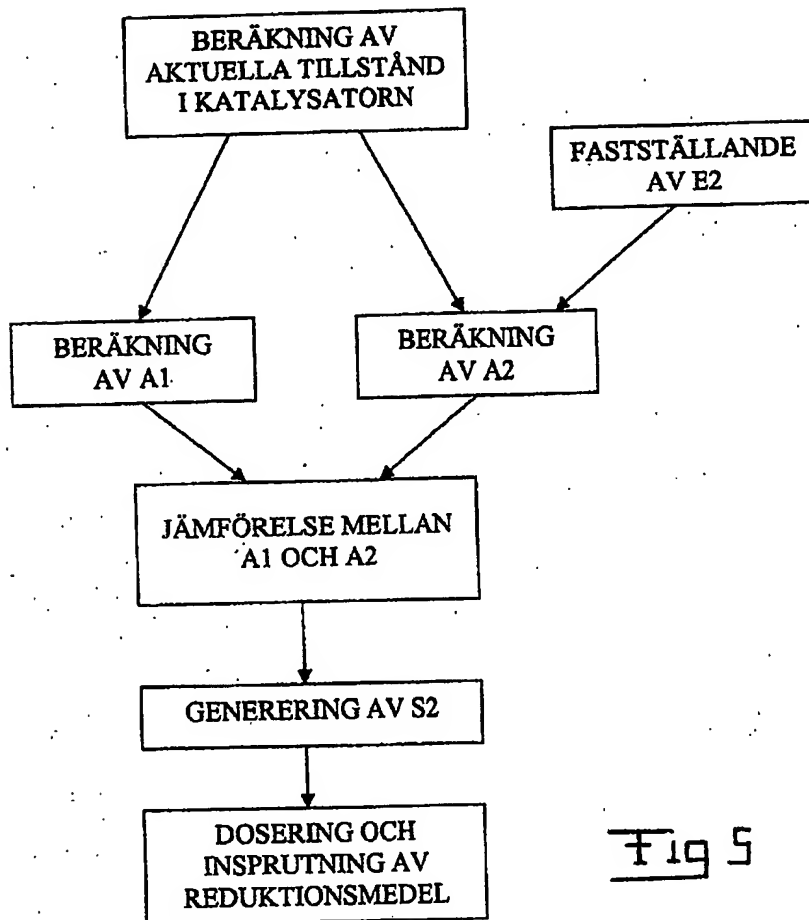


Fig 5

4/6

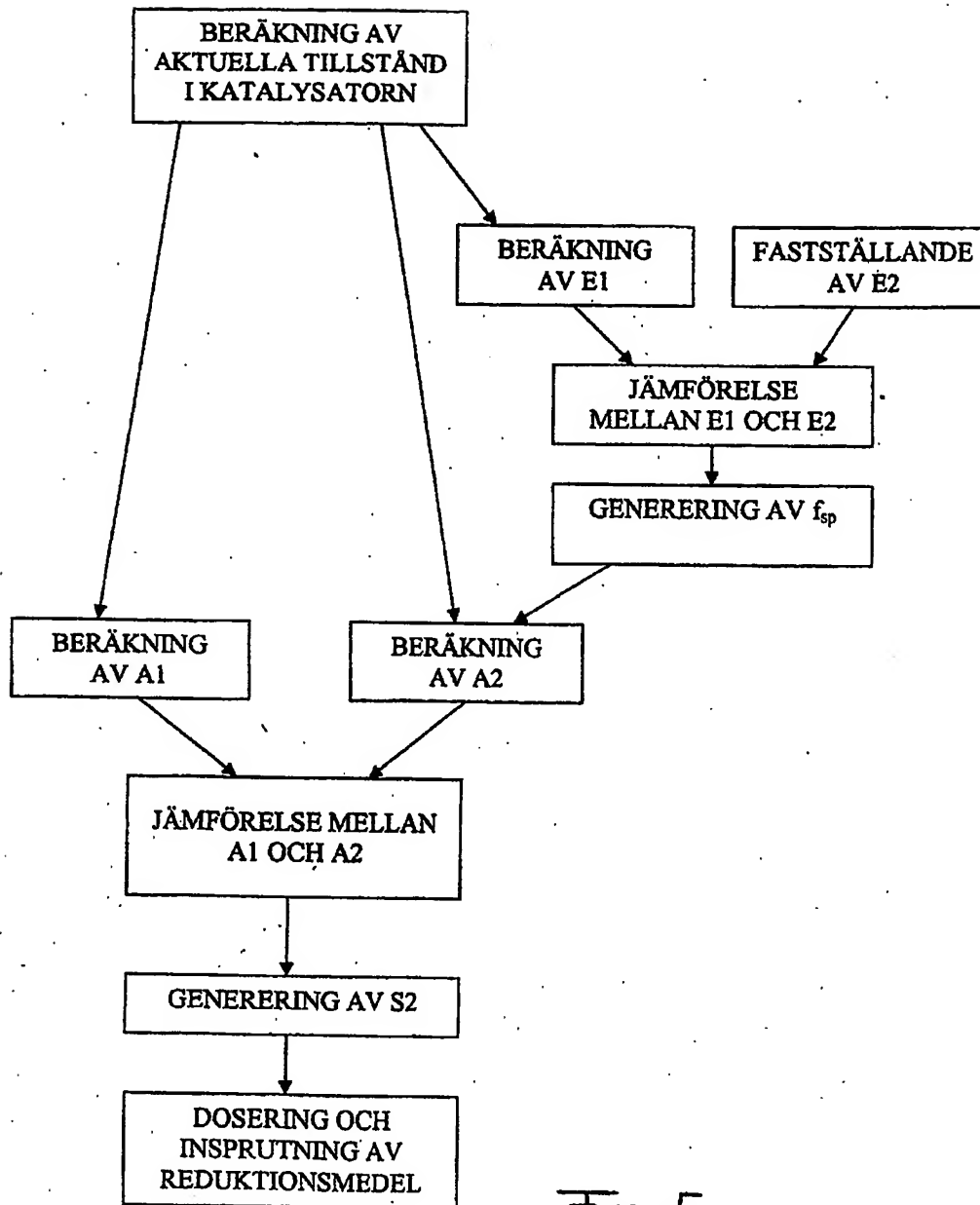


Fig 6

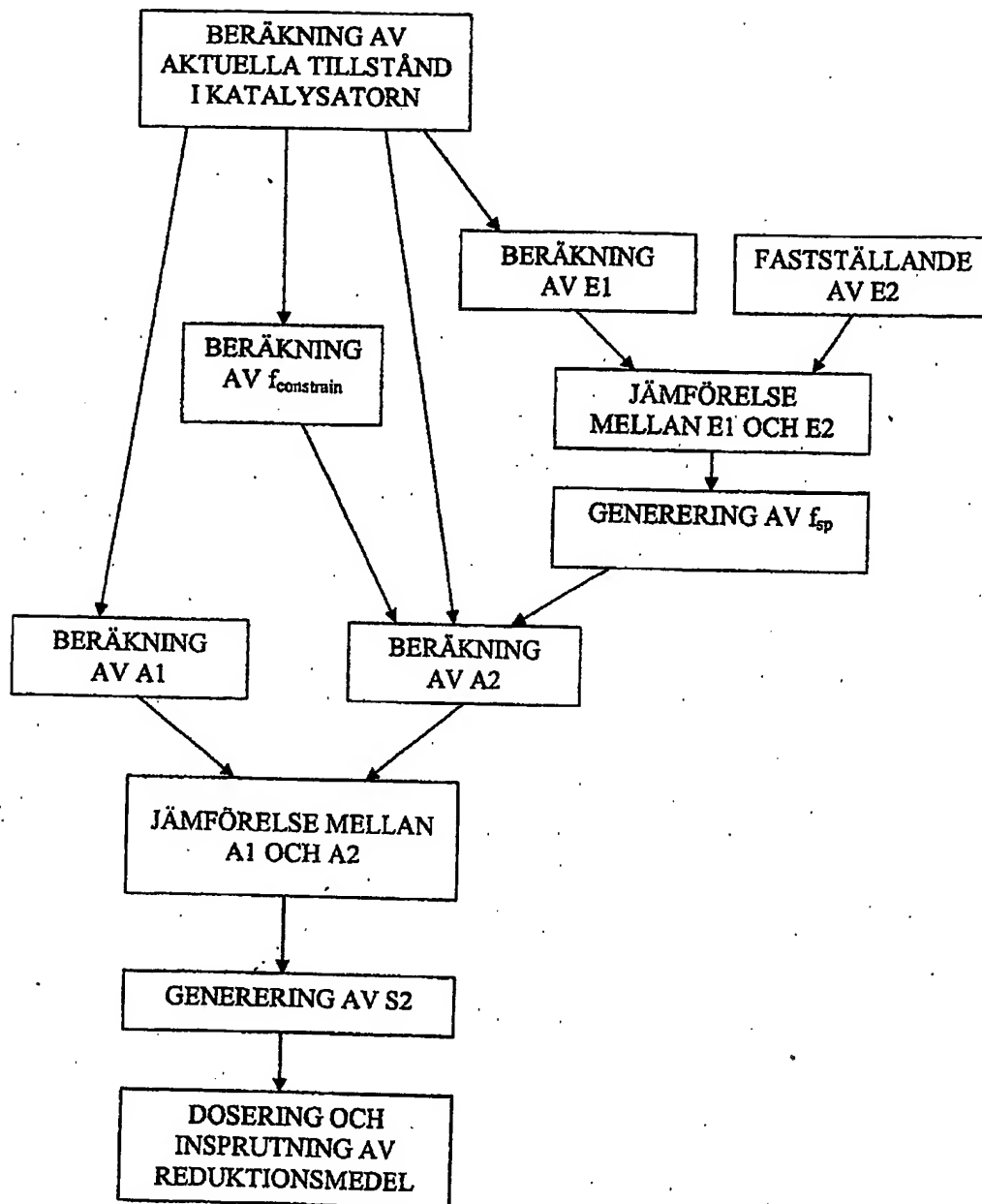


Fig 7



6/6

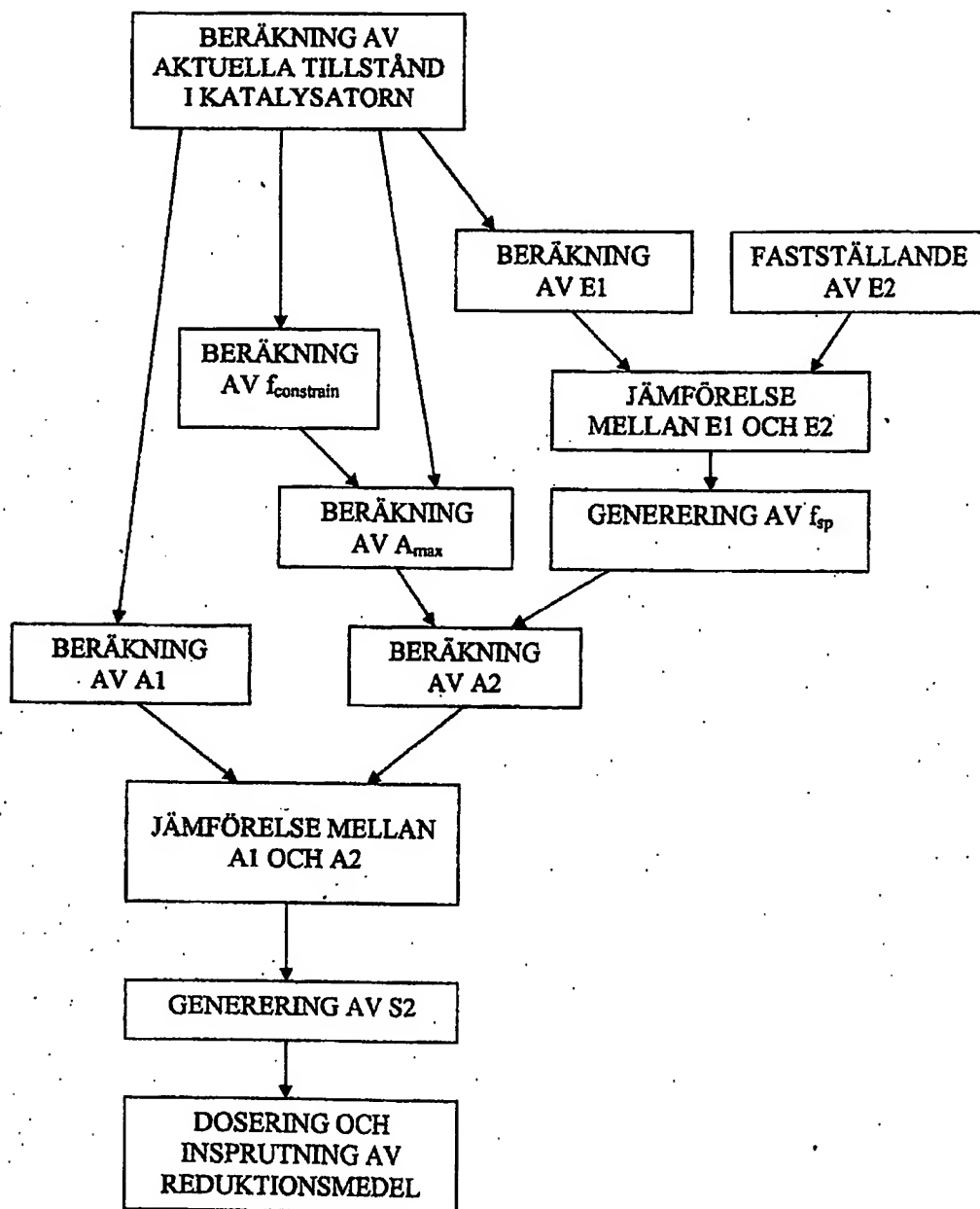


Fig 8